

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4134951号
(P4134951)

(45) 発行日 平成20年8月20日(2008.8.20)

(24) 登録日 平成20年6月13日(2008.6.13)

(51) Int.Cl.

F I

G O 1 N 1/28 (2006.01)

G O 1 N 1/28

G

G O 1 N 1/28

W

請求項の数 3 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2004-158631 (P2004-158631)
 (22) 出願日 平成16年5月28日(2004.5.28)
 (62) 分割の表示 特願平10-342550の分割
 原出願日 平成10年12月2日(1998.12.2)
 (65) 公開番号 特開2004-239922 (P2004-239922A)
 (43) 公開日 平成16年8月26日(2004.8.26)
 審査請求日 平成17年10月19日(2005.10.19)

(73) 特許権者 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 100100310
 弁理士 井上 学
 (72) 発明者 富松 聡
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内
 (72) 発明者 梅村 馨
 東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
 株式会社日立製作所中央研究所内

審査官 榎本 吉孝

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 試料作製装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

試料を載置する試料台と、
 前記試料の所望領域近傍に接触させるプローブと、
 前記試料またはプローブに荷電粒子線を照射する荷電粒子線光学系と、
 前記プローブに流入する電流を検出するプローブ電流検出手段と、
 荷電粒子線を照射された、前記試料及びプローブから二次的に発生する荷電粒子を検出する検出器と、
 前記荷電粒子線の走査信号を走査信号として、前記プローブに流入した電流信号をメモリに取り込むことなく表示する手段とを備えることを特徴とする荷電粒子線装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の荷電粒子線装置において、
 前記試料台は可動であり、
 前記試料台の位置を制御する手段を備えることを特徴とする荷電粒子線装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の荷電粒子線装置において、
 前記荷電粒子線光学系はイオンビーム光学系または電子ビーム光学系を含むことを特徴とする荷電粒子線装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【 0 0 0 1 】

本発明は、半導体ウエハやデバイスチップから所望の特定領域を含む試料片のみをイオンビームを用いて摘出して、微小領域分析や計測用の試料片の作製を行う微小試料作製装置に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

分析装置に用いる微小試料片作製を容易にする試料作製装置として、集束イオンビーム（以下FIBと略す）加工とマイクロマニピュレーション技術を組み合わせて数 μm ～数10 μm オーダの微小試料を試料基板から摘出する装置が考案されている。この手法に関しては、特開平5 - 52721号公報（公知例1）に開示されている。この公知例1では、プローブ先端位置決め法について明記はされていないが、実施例からイオンビーム走査と二次電子検出による走査イオン顕微鏡像（Scanning Ion Microscope、SIM像）によりプローブ先端位置を同定しているものと考えられる。

10

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開平5 - 52721号公報

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

上記の試料作製装置を自動化する場合、プローブ先端位置を自動的に同定する手法が必要となる。しかし、上記従来手法（公知例1）ではSIM像を用いて操作者がプローブ先端を判断しているものと考えられ、この場合、装置の自動化は不可能である。また、SIM像を用いてパターン認識によりプローブ先端を同定する手法も考えられるが、以下の問題点が存在する。

20

【 0 0 0 5 】

試料表面構造（材質）によってはSIM像においてプローブと同輝度の領域が存在する可能性があるため、プローブ境界が不鮮明になり、先端同定が困難になる可能性がある。また、プローブへの異物吸着やイオンビーム照射によりプローブ形状が変化し、パターン認識による照合が困難になる可能性がある。また、パターン認識の精度を高めるためには高価なパターン認識装置を必要とする。

【 0 0 0 6 】

30

本発明の目的は、自動化に適したプローブ先端位置決めを、確実かつ容易に実現でき試料作製装置を提供することにある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

上記目的を達成するため、本発明の試料作製装置は、イオンビーム加工と、プローブを用いた試料片の搬送技術、さらには試料片の試料片ホルダへの固定技術を用いた試料作製装置において、試料片搬送用プローブへの流入電流をイオンビーム、電子線ビームなどの荷電粒子線ビームの走査信号と同期させ、データ化することでプローブ先端位置の同定を容易にする。

【 発明の効果 】

40

【 0 0 0 8 】

本発明によると、集積回路チップや半導体ウエハから、人の手作業を介することなく、直接、分析装置に導入可能な微小試料片を作製することができる。特に、プローブ先端位置決めを容易に行うことができ、自動化に適するため、容易かつ高速、確実に分析用試料片を作製することが可能になる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 0 9 】

本発明による微小試料作製装置は、半導体ウエハや半導体チップなどの基板を載置する可動の試料台と、基板の分析位置近傍に接触させるプローブと、プローブを試料台と独立に駆動するプローブ駆動手段と、プローブ駆動手段を制御し基板損傷を抑制してプローブ

50

接触を行うマニピュレータ駆動装置と、プローブに流入する電流を検出するプローブ電流検出装置と、プローブと基板の分析位置近傍部を接続する手段と、基板の分析位置近傍にイオンビームを照射し基板の分析位置を含む試料片の形成加工をするイオンビーム光学系と、試料片を載置する試料片ホルダを可動に保持する手段と、試料片と試料片ホルダを固定する手段と、プローブと試料片を分離する手段とを有する構成とした。

【0010】

また、本発明の試料作製装置のより好ましい実施形態として、次のような構成がある。

(1) 上記プローブ電流検出装置により検出される上記プローブ流入電流と上記イオンビームの走査と同期した信号によりプローブ形状を認識して先端位置同定を行う。

(2) 上記プローブ電流検出装置において、上記プローブ流入電流を適当な閾値により2値化して先端位置同定を行うと、より容易に先端位置決めできる。

【0011】

図1は、本発明による試料作製装置の一実施形態を示す構成ブロック図である。試料作製装置は、半導体ウエハや半導体チップ等の基板2を載置する可動の試料台3と、基板2の分析しようとする位置を特定するため試料台3の位置を制御する試料位置制御装置9と、プローブ11を基板2の分析位置近傍に移動させ、プローブ11を試料台3と独立に駆動するプローブ駆動手段4と、基板2の分析位置近傍にイオンビーム13を照射し、基板2の分析位置を含む試料片の成形加工をするイオンビーム光学系1と、2次電子を検出し、基板2、プローブ11または試料片ホルダ19の近傍を観察する観察手段を構成する2次電子検出器12と、イオンビームアシストデポジション用ガスを供給するためのデポジションガス源8とを持つ。

【0012】

デポジションガス源8はプローブ11の先端部と基板2の分析位置近傍部を接続したり、試料片と試料片ホルダ19とを固定するために使用するための固定接続手段を構成する。試料台3は分離摘出した試料片を固定する試料片ホルダ19を載置するためのホルダ留め20を持つ。イオンビーム光学系1の駆動装置7、デポジションガス源制御装置8'、試料位置制御装置9、表示装置5、マニピュレータ駆動装置4'などは、中央処理装置6により制御される。ここで、イオンビーム光学系1内の10は偏向器である。また、プローブ11とプローブ駆動手段4はマニピュレータを構成する。プリアンプ32はプローブ11の流入（流出）電流を増幅し、中央処理装置6に送る。

【0013】

本装置を用いることで、基板2からのイオンビーム加工による試料片（図示せず）の摘出、プローブ11およびその駆動手段4からなるマニピュレータによる上記試料片の搬送および上記試料片のホルダ19への固定などの、分析装置用微小試料作製操作を確実にすることができる。

【0014】

以下では、プローブ先端位置同定法の詳細について述べる。本実施例で用いた回路のブロック図を図2に示す。

【0015】

このブロック図は、図1におけるプローブ11、プリアンプ32、マニピュレータ駆動装置4'、中央処理装置6の一部に対応する。プリアンプ32はプローブ11への流入電流 I_{p31} を増幅し、プローブ形状情報生成回路35の画像信号 Sp_{33} を生成する。またプローブ形状情報生成回路35の走査信号には図1のイオンビーム駆動装置7の偏向器10に用いるイオンビーム偏向走査信号 Sd_{34} を用いる。

【0016】

上記走査信号 Sd に同期して画像信号 Sp_{33} をプローブ形状情報生成回路35において画像化する。すなわちイオンビームがプローブに照射されていない領域は $Sp = 0$ であり、イオンビームがプローブに照射されている領域は $Sp \neq 0$ になるため、プローブの形状を取り出すことができる。

【0017】

この情報をメモリ36に貯え、表示装置37に表示すると、図3に示すように、プローブが存在しない領域は $S_p = 0$ で暗(図3中斜線部)、プローブが存在する領域は $S_p = 1$ で明(図3中白色部)のように表示でき、プローブ形状を認識することができる。また、一旦メモリ36に取り込まなくても、直接プローブ形状情報生成回路35から表示装置37に表示することも可能である。

【0018】

ここで、理想的にはプローブが存在していない領域で $S_p = 0$ 、プローブが存在する領域で $S_p = S_b$ (イオンビーム電流で決まる定数) 0になるはずであるが、実際にはノイズや有限のイオンビーム径により必ずしも理想通りにはならない。

このような場合、プローブ形状情報生成回路35において適当な閾値により画像信号 S_p を2値化して画像化することで、プローブ境界をより確実に取り出すことができる。

【0019】

次にプローブ先端の座標を得る手法について述べる。ここでは簡単のため、上述のように画像信号 S_p が2値化(0と1とする)された状態を前提に説明する。

【0020】

図4(a)は図3の画像に対応するメモリー内容を示した図である。NはX方向視野のデジタル分割数であり、MはY方向視野のデジタル分割数である。即ち、この視野は $N \times M$ 個のドットで構成されており、データの座標は (X_i, Y_j) (i, j は整数)で表される。各Yにある横線は、画像信号 S_p を表しており、図4(b)に示すように0か1かを表している。

【0021】

図4(a)において Y_0 から $Y_m - 1$ までは画像信号 S_p は全Xに対して0であり、 Y_m から Y_M まではあるXの範囲に対して画像信号 S_p が1である。この情報を元に、プローブ先端座標抽出回路38が先端座標を取出す。例えば図4(a)の場合は Y_0 から Y_m への画像信号 S_p 読出しの中で立ち上がり(0 → 1)と立ち下がり(1 → 0)のX間隔が最も小さいところが先端と判断され、 (X_n, Y_m) がプローブ先端座標39(図2)となる。

【0022】

もし、図5(a)の様にプローブが横を向いていることで立ち上がりと立ち下がりの間隔が存在しない場合(b)には、図5(c)(画像信号 S_p の0、1は図5(d)の規則に従う)の様にX方向に画像信号 S_p を読出し、同様に立ち上がりと立ち下がりのY間隔が最も小さいところを取出せば、その座標がプローブ先端座標となる。万が一、2値化によってもノイズが消えず、プローブ以外の領域に $S_p = 1$ の特異点が存在し、上記の先端位置同定ができない場合には、メモリ内の全ドットに対してそのドットの周辺ドットとの平均をとり、スムージング化を行うことで特異点を消すことができる。

【0023】

このプローブ先端位置同定法の場合は、プローブ領域以外にプローブと同輝度の領域が存在する可能性があるSIM像からの画像パターン認識の場合とは異なり、プローブ領域以外ではプローブへの電流流入が無い場合、上記のように精度良く先端位置を同定することができる。

【0024】

上述のように、プローブ先端位置を自動的に同定することができれば、図2のブロック図に示すとおりプローブの目標位置座標41を入力し、現在のプローブ位置との誤差情報 S_c 42を位置誤差計算回路40で計算してマニピュレータ駆動装置4'を駆動することで、自動的にプローブを目標座標に駆動することができる。

【0025】

また、このプローブ先端位置同定法は、観察手段としてイオンビーム光学系以外に電子ビーム光学系を使用する場合にも走査信号 S_d の代わりに電子ビーム偏向走査信号を用いることで同様に使用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】本発明の一実施例による微小試料摘出装置の全体概略構成図。

10

20

30

40

50

【図2】本発明によるプローブ先端位置同定のための機能ブロック図。

【図3】本発明の一実施例におけるプローブ形状情報生成回路によるプローブ形状像を示す図。

【図4】本発明の一実施例によるプローブ形状情報のメモリ情報とプローブ先端座標の関係を示す説明図。

【図5】本発明の他の実施例によるプローブ形状情報のメモリ情報とプローブ先端座標の関係を示す説明図。

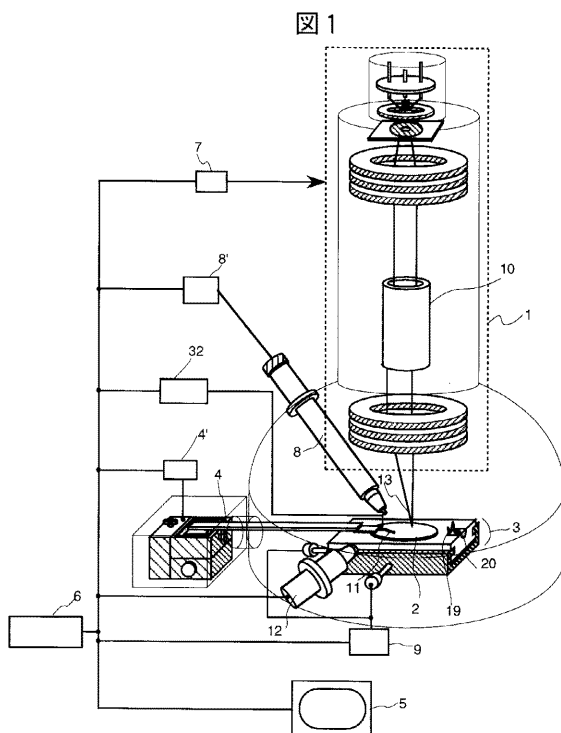
【符号の説明】

【0027】

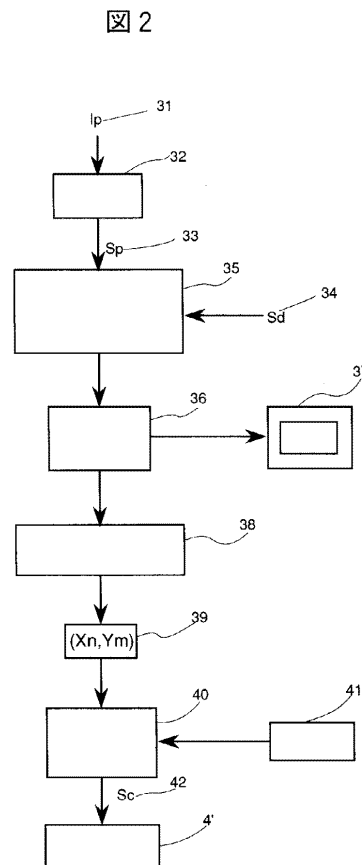
1...イオンビーム光学系、2...基板、3...試料台、4...プローブ駆動手段、4'...マニピュレータ駆動装置、5...表示装置、6...中央処理装置、7...イオンビーム駆動装置、8...デポジションガス源、8'...デポジションガス源駆動装置、9...試料位置制御装置、10...偏向器、11...プローブ、12...2次電子検出器、13...イオンビーム、19...試料片ホルダ、20...ホルダ留め、31...プローブ流入電流、32...プリアンプ、33...画像信号、34...走査信号、35...プローブ形状情報生成回路、36...メモリ、37...表示装置、38...プローブ先端座標抽出回路、39...プローブ先端座標、40...位置誤差計算回路、41...目標座標、42...誤差情報。

10

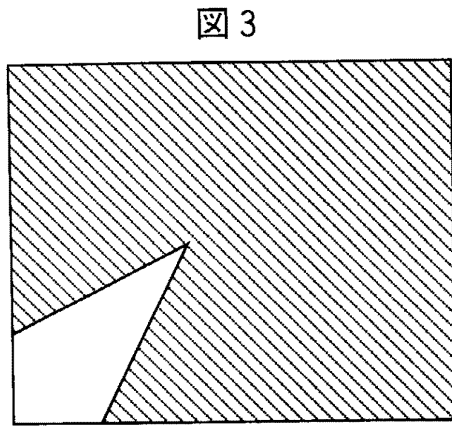
【図1】



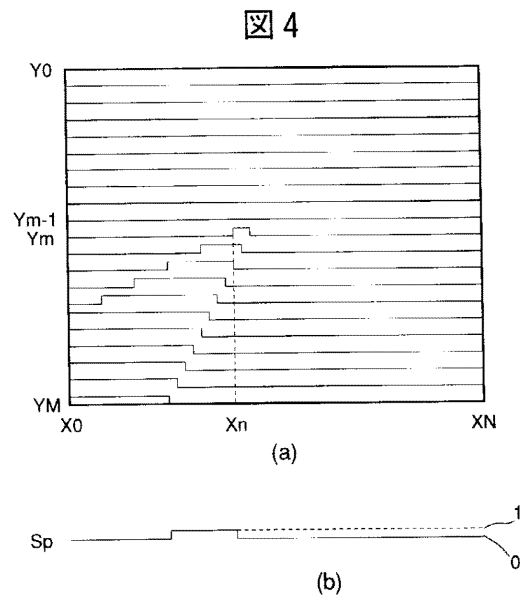
【図2】



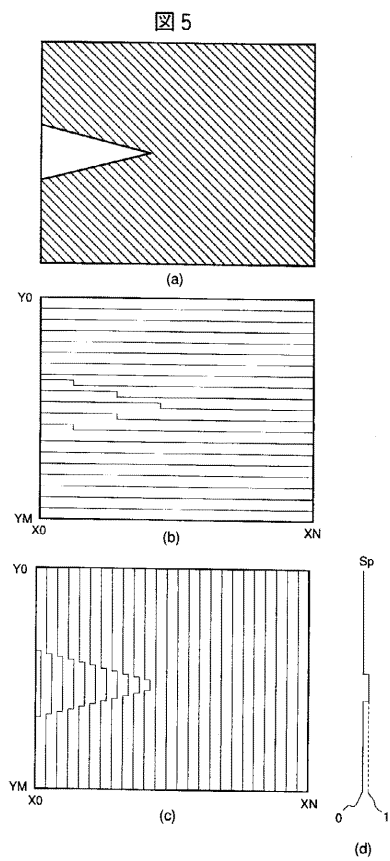
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 特許第3613039(JP, B2)
特開平07-153416(JP, A)
特開平05-052721(JP, A)
特開平09-326425(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G01N 1/00 - 1/34